



Modélisation ontologique de processus dans le domaine de la veille épidémiologique

Gaoussou Camara, Sylvie Despres, Rim Djedidi, Moussa Lo

► To cite this version:

Gaoussou Camara, Sylvie Despres, Rim Djedidi, Moussa Lo. Modélisation ontologique de processus dans le domaine de la veille épidémiologique. RFIA 2012 (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle), Jan 2012, Lyon, France. pp.978-2-9539515-2-3. hal-00656562

HAL Id: hal-00656562

<https://hal.science/hal-00656562>

Submitted on 17 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation ontologique de processus dans le domaine de la veille épidémiologique

G. Camara^{1,2} S. Despres¹ R. Djedidi¹ M. Lô²

¹LIM&BIO, Université Paris 13, 74 rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny

²LANI, Université Gaston Berger, B.P. 234, Saint-Louis du Sénégal

gaoussoucamara@gmail.com
sylvie.despres@univ-paris13.fr
rim.jedidi@univ-paris13.fr
moussa.lo@ugb.edu.sn

Résumé

Dans ce papier, nous proposons une modélisation ontologique des processus de la veille sur les maladies infectieuses. Nous montrons l'intérêt de formaliser les aspects dynamiques des connaissances du domaine de la veille. Cette modélisation est menée sur trois niveaux : i) conceptuel modélisant des processus de la veille, de la veille sur les maladies infectieuses et de la propagation d'une maladie infectieuse ; ii) semi-formel correspondant à l'élaboration de patrons de processus pour faciliter la réutilisation des modèles conceptuels définis, et iii) formel correspondant à la formalisation des patrons élaborés. Ces patrons sont traduits dans le langage PSL pour rendre opérationnelle leur réutilisation et raisonner sur les modèles définis. La pertinence de la réutilisation des patrons est testée dans le domaine de l'épidémiologie de la bilharziose. Notre travail s'inscrit dans une approche de modélisation par spécification de la veille épidémiologique et constitue un apport à la mise en place des systèmes de veille. Une autre contribution est de participer aux travaux dans le domaine des ontologies des processus en prenant en compte les spécificités des phénomènes épidémiologiques.

Mots Clef

Processus, Modélisation ontologique, Patrons, Langage PSL.

Abstract

In this paper, an ontological modelization of processes in the domain of infectious disease monitoring is proposed. Conceptual models describing domain processes are elaborated. To facilitate the reuse of the built models, process patterns are defined and formalized in PSL language. The relevance of pattern reuse is verified in bilharzia epidemic domain. This work is in line with specification modelling approach applied to epidemiological domain. It contributes to monitoring system design. Another contribution is to participate to ongoing researches on process modelling in the domain of formal ontologies.

Keywords

Process, Ontological Modelling, Patterns, PSL language.

1 Introduction

Des systèmes de veille sont couramment développés pour la surveillance de phénomènes épidémiologiques. Cette surveillance est mise en oeuvre à la fois, pour prédire l'impact d'événements constituant des facteurs de risque de propagation d'une maladie et d'en contrôler l'évolution, et pour suggérer des plans d'action afin de prévenir les risques identifiés. En fait, comme le remarque [4] veiller, c'est surveiller pour agir par anticipation.

Dans le contexte de l'aide à la décision, l'activité d'un système de veille peut être modélisée comme un processus transformant les données sur le phénomène observé en un ensemble de décisions permettant d'agir par anticipation sur son évolution. Quand il s'agit de veille épidémiologique, la surveillance concerne l'évolution d'un phénomène épidémiologique qui dans ce cas, est une maladie évoluant dans le temps en se propageant dans une population localisée dans une région géographique. Pour pouvoir surveiller un phénomène épidémiologique, il est nécessaire de comprendre son mécanisme d'évolution. Or, un tel phénomène est composé d'un très grand nombre d'entités (hôte, vecteur, agent pathogène, facteurs de risque, etc.) dont les interactions donnent lieu à des émergences d'événements (nouveaux cas, infestation d'un point d'eau, etc.) pouvant se situer à différents niveaux d'échelles spatiales et temporelles. Ces types de phénomènes, par leurs évolutions et leurs émergences issues des interactions des éléments les composant, sont qualifiés de systèmes complexes et peuvent par conséquent, être à leur tour modélisés comme des processus. Ainsi, la modélisation d'un système de veille épidémiologique consiste principalement à modéliser deux processus encapsulés : le processus de veille qui a pour objet d'étude le processus de propagation du phénomène épidémiologique.

Ce travail se situe dans le contexte plus général de la modélisation des processus intervenant dans les systèmes de veille. Il existe deux approches pour modéliser les

processus, la *caractérisation* et la *spécification*. L'approche par caractérisation, comme la modélisation par des équations mathématiques ou des systèmes multi-agents, nécessite d'avoir des connaissances quantitatives sur les mécanismes d'évolution du processus. Dans l'approche par spécification, le processus est considéré en tant que *concept* (abstraction). Un modèle de spécification de processus permet de *définir* des classes de processus, les relations entre les processus, les relations entre les processus et les objets, les conditions d'occurrence des processus, les effets des occurrences des processus sur les états des autres processus et objets, etc. L'approche par spécification que nous utilisons est fondée sur une modélisation ontologique. Des travaux dans le domaine des ontologies de fondement étudient les propriétés des processus afin d'aider à leur modélisation [11]. Ils fournissent une théorie pour analyser les processus et des méthodes pour améliorer la conception et l'utilisation de systèmes supportant les décisions prises par les humains. Notre objectif est de réutiliser ces résultats afin de les appliquer dans le domaine de la veille épidémiologique et plus précisément la veille sur les maladies infectieuses (VMI). Néanmoins, comme la plupart des ontologies de processus sont relatives à la modélisation des processus des organisations [2] [1] [19], nous devons les enrichir afin de proposer des modèles adaptés au domaine de la veille épidémiologique. Notre contribution est de proposer des modèles conceptuels centrés sur la dynamique des processus dans le domaine de la VMI et de les traduire en des patrons exprimés dans le langage formel PSL – Process Specification Language [20]. La notion de patrons (patterns en anglais) est fondée sur l'identification de solutions régulières et réutilisables pour des classes de problèmes spécifiques et récurrents dans des contextes précis [14].

Dans cet article, nous présentons la construction d'un modèle conceptuel du processus de veille que nous enrichissons avec les activités propres à la VMI afin d'obtenir un modèle de la VMI. Nous élaborons également un modèle conceptuel de propagation des maladies infectieuses. Enfin, nous définissons les relations liant le modèle de la VMI à celui de la propagation des maladies infectieuses. Les primitives de modélisation sont pour la plupart, celles utilisées dans l'ontologie de fondement DOLCE¹. Pour faciliter la réutilisation de ces modèles, nous élaborons des patrons dont la finalité est l'aide aux futurs concepteurs de systèmes de veille en leur fournissant un vocabulaire commun, un contexte d'utilisation et en favorisant leur diffusion. Ainsi, un patron décrit un problème à résoudre (la description d'un processus), une solution (le résultat obtenu après la réalisation du processus), le contexte dans lequel le

problème est résolu (les conditions d'occurrence du processus) et le modèle de résolution associé pour parvenir à la solution. Il comporte également les relations avec les patrons déjà existants. Les patrons sont ensuite exprimés dans le langage formel PSL afin de représenter les processus, leurs conditions d'occurrence, leurs effets et les objets y participant. L'intérêt d'une telle formalisation est de rendre opérationnelle la réutilisation des patrons. Nous illustrons notre approche dans le domaine de la veille de la bilharziose. Dans cet exemple, la pertinence de la réutilisation des patrons de la VMI, de la propagation et leur formalisation en PSL est démontrée.

Dans cet article, nous présentons en section 2 les modèles conceptuels des processus de la veille, de la VMI et de la propagation des maladies infectieuses. Dans la section 3, après avoir défini la notion de patrons, nous décrivons ceux correspondants aux modèles élaborés. Dans la section 4, nous présentons la formalisation en langage PSL des patrons définis. Dans la section 5, nous détaillons la réutilisation et l'instanciation des modèles formels des patrons spécifiés dans le cadre de la veille de la bilharziose. Enfin dans la section 6, nous discutons les perspectives ouvertes pour des travaux futurs et nous concluons.

2 Processus du domaine de la VMI

Dans cette section, nous proposons des modèles conceptuels : (i) des processus de la veille et de la VMI pour faciliter l'orchestration de leurs sous-processus et (ii) de la propagation des maladies infectieuses pour aider à l'analyse des événements liés aux facteurs de risque et à l'interprétation des résultats de simulation.

2.1 Les processus

La notion de processus est couramment définie comme un ensemble d'activités transformant des entrées en sorties. De façon plus formelle, la définition des processus a longtemps fait l'objet de réflexion dans le domaine de la linguistique et de la philosophie [23] [6] [7] mais également des sciences de l'information et de la communication [17]. Le Moigne (cf. *supra* pp. 46-47) définit un processus par "son exercice et son résultat [...]", c'est-à-dire "[...] lorsqu'il y a, au fil du *temps T*, la modification de la position dans un référentiel « *Espace-Forme* », d'une collection de « *produits* » quelconques identifiables par leur forme [...]" Le processus est donc considéré sous trois dimensions, l'espace, la forme et le temps.

Notre objectif de la modélisation des processus par spécification permet une reproduction des comportements possibles d'un système à partir de la description abstraite de ses processus internes et des différents états dans

¹ <http://www.loa.istc.cnr.it/ontologies/OWN/OWN.owl>

lesquels il peut se trouver. Ainsi, un raisonnement sur un modèle de spécification de processus permettra de prédire des états ou des occurrences possibles des processus du système étudié.

Nous avons utilisé l'ontologie de fondement DOLCE pour modéliser les processus étudiés. DOLCE distingue les concepts de *perdurant* correspondant aux entités se déroulant dans le temps avec différentes phases comme les processus et les événements, et d'*endurant* correspondant aux entités sans partie temporelle comme les objets [18] [11]. Ces concepts sont liés par des relations², parmi lesquelles figurent : (i) la relation *participant-in* définit la participation d'un *endurant* dans un *perdurant*, et sa relation inverse *participant* ; (ii) la relation *part-of* permet de modéliser la composition entre *perdurants*, et sa relation inverse *part* ; (iii) la relation temporelle *predecessor* exprime la précédence entre *perdurants* et a pour relation inverse *successor*. Nous avons également réutilisé les relations de causalité (un événement *cause* un événement, un événement *initie* ou *termine* un état, etc.) proposés dans [8], pour la modélisation des processus des systèmes dynamiques géospatiaux.

2.2 Le processus de veille

Qu'elle soit technologique, sismique, concurrentielle, épidémiologique, ou autre, la veille comprend un ensemble de phases communes. Elle correspond à un processus transformant en décisions les données collectées à partir des sources observées. Ce processus est composé de processus se succédant : surveillance, analyse, décision et évaluation. Chacun de ces processus peut se décomposer en sous-processus. Nous utilisons les relations *predecessor* et *part-of* pour construire le modèle conceptuel de ce processus présenté dans la figure 1.

2.3 Le processus de VMI

Un processus de VMI s'applique à la surveillance d'une maladie infectieuse. La propagation d'une telle maladie étant considérée comme un système complexe, la compréhension de son évolution et de sa dynamique nécessite de recourir à une approche systémique [17]. Cette approche consiste à donner une représentation simplifiée du phénomène afin de reproduire son comportement dans le cadre d'une simulation. Ainsi, le processus de VMI, est modélisé comme une spécialisation du processus de veille dans lequel le processus de traitement figurant dans le processus d'analyse (cf. Figure 1) se fait par simulation.

² Lorsque les relations utilisées sont celles de DOLCE, elles sont exprimées en anglais afin d'éviter des biais de traduction.

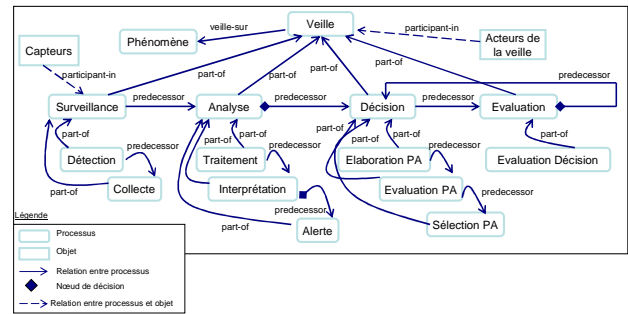


Figure 1 : Processus de veille

2.4 Le processus de propagation d'une maladie infectieuse

Une maladie infectieuse évolue dans le temps en se propageant dans une population localisée dans une région géographique. En épidémiologie, il existe un modèle mathématique standard du processus de la propagation d'une maladie infectieuse dans une population [15]. C'est un modèle compartimental subdivisant la population en trois groupes d'individus : les *Susceptibles*, les *Infectés* et les *Rétablis* (SIR). L'évolution de la recherche dans le domaine de l'épidémiologie a révélé par la suite, l'existence de deux autres étapes possibles dans le cycle sanitaire des individus selon la maladie étudiée : l'*immunité à la naissance* (M) précédant la susceptibilité et l'*exposition* (E) entre la susceptibilité et l'infection. Un individu passe de l'état *susceptible* à l'état *infecté* après *contamination* et de l'état *infecté* à l'état *rétabli* après *rétablissement*. Ce processus est celui de l'évolution des états de santé de l'hôte (EESH), il détermine la propagation de la maladie dans une population. Le processus de EESH est considéré à l'échelle d'un individu (hôte), celui de la propagation est considéré à l'échelle d'une population (population des hôtes). Les facteurs de risque, considérés comme des événements, entretiennent une relation de causalité [8] avec le processus de propagation.

Dans le modèle conceptuel correspondant à ce processus (cf. Figure 2), nous proposons la relation *détermine* pour traduire le lien entre les processus intervenant sur les deux échelles (individu et population). Ce modèle fait également apparaître les liens existants entre les états de l'hôte et les processus qui leur sont associés.

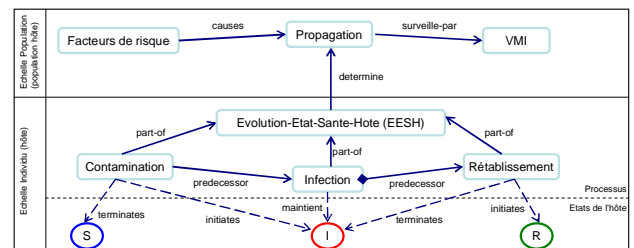


Figure 2 : Processus de propagation

3 Patrons de processus

La conception de patrons permet d'offrir un vocabulaire commun, de réduire la complexité, de guider vers de bonnes pratiques et de favoriser la réutilisation dans un contexte d'application déterminé. En intelligence artificielle, un patron est défini comme étant « une conception pour une technique ou un objet relativement simple et indépendant(e), pouvant être utilisé(e) dans un logiciel afin d'ajouter un aspect d'intelligence à la prise de décision, à la projection/estimation, à la reconnaissance de patrons, ou encore à la résolution de problèmes »³. En ingénierie logicielle, les patrons logiciels sont essentiellement utilisés en développement orienté objet. Ils facilitent le contrôle de la complexité et de la qualité des logiciels développés ainsi que la réutilisation. Ils renferment entre autres, des idiomes de langages de programmation [3], des patrons d'analyse [15], des patrons de conception [9] [13] et des patrons d'architecture [5]. En modélisation de connaissances, les patrons sémantiques ont pour objectif d'abstraire des représentations de structure ou de langage tout en modélisant leur sémantique. Ils constituent des métalangages et sont notamment utilisés en ingénierie des ontologies [21]. Dans ce domaine, des patrons de conception d'ontologies⁴ (Ontology Design Patterns – ODP) ont été proposés pour fournir des guides de bonnes pratiques et des catalogues de composants ontologiques réutilisables.

Des patrons ont été élaborés à partir des modèles conceptuels définis (cf. §2) et de la modélisation des régularités observées dans les processus étudiés. Leur construction est fondée sur une approche top-down de modélisation de patrons d'ontologies [10]. L'intérêt de ces patrons est d'offrir des modèles partagés et réutilisables permettant de guider et d'automatiser les systèmes de veille. Il est donc nécessaire de penser à un format de présentation simple, lisible, compréhensible et documenté facilitant la diffusion et la réutilisation des patrons définis. En outre, afin de réaliser entièrement leur rôle de guidage des systèmes de veille, les patrons de processus doivent être représentés de manière formelle pour faciliter une interprétation explicite de leur sémantique qui soit aussi, compréhensible par la machine. Pour toutes ces raisons, les patrons élaborés ont été représentés selon deux couches :

- la couche de *présentation* les présente sous forme d'une librairie partagée de patrons et permet de les documenter, de les diffuser et même de les illustrer. Cette couche est présentée dans cette section 3 ;

- la couche de *spécification formelle* permet de les employer pour le guidage des systèmes de veille. La formalisation des patrons est faite avec le langage PSL. Cette formalisation est présentée dans la section 4.

Le formalisme de représentation des patrons de processus étend celui des patrons de conception d'ontologie (Ontology Design Patterns – ODP) [10]. Ce formalisme est issu du format standard défini pour la représentation des patrons de conception en génie logiciel [9]. C'est un modèle (Template) à base de cadre (Frame), constitué des propriétés (slots) suivantes :

- propriétés générales incluant des *informations générales* sur le patron (Nom, Identifiant) et le *cas d'utilisation* du patron (Problème, Questions de compétence) ;
- propriétés spécifiques incluant des propriétés de *description* (Intention, Conséquences) indépendantes du type du patron et des propriétés spécifiques au type du patron (Inputs, Outputs, etc.), la *représentation graphique* du patron présentée dans un format proche du modèle UML et l'implémentation du patron dans un composant formel réutilisable ;
- propriétés de liens entre patrons décrivant les *relations* d'un patron de processus avec d'autres patrons de processus ou d'autres processus ;
- propriété *commentaires* permettant d'annoter librement le patron.

3.1 Patron de processus de veille

Le patron de processus de veille est construit à partir du modèle conceptuel lui correspondant (cf. section 2.2)

Patron de processus de veille	
Propriétés	Valeur
Propriétés Générales	
Informations générales	
Nom* ⁵	Patron de processus de veille
Identifiant*	PProc_Veil
Cas d'utilisation	
Problème*	Décrire un processus de veille.
Questions de compétence*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comment se modélise un processus de veille ? ▪ Quels sont les objets qui y participent ? ▪ Quels sont les processus qui en font partie ? comment s'ordonnent-ils ?
Propriétés spécifiques	
Description du patron	
Intention*	Ce patron a pour objectif de modéliser un processus de veille en général, indépendamment du domaine d'application

³ <http://www.aipatterns.org/>

⁴ <http://ontologydesignpatterns.org>

⁵ * indique un champ obligatoire

Conséquences*	de la veille. Ce patron définit comment se réalise un processus de veille et indique ses possibles outputs.
Inputs du processus	
Inputs	Données collectées sur les sources surveillées.
Outputs du processus	
Outputs	<ul style="list-style-type: none"> Alertes Plans d'actions
Effets du processus	
Effets	<ul style="list-style-type: none"> Alerte Réalisation de plan d'actions
Participants	
Objets participants	<ul style="list-style-type: none"> Capteurs Acteurs de la veille
Représentation graphique	
Diagramme	Voir figure 1, section 2.2.
Implémentations	
Composant PSL réutilisable	Voir section 4.2.
Relations	
Relations avec autres processus	
Parties (<i>part</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Surveillance Analyse Décision Evaluation
Veille-sur	Phénomène
Observe	Sources observées

3.2 Patron de processus de VMI

Le patron du processus de VMI est une spécialisation du patron de veille. Il est en relation avec le patron du processus de propagation d'une maladie infectieuse.

Patron de processus de VMI	
Propriétés	Valeur
Propriétés Générales	
Informations générales	
Nom*	Patron de processus de veille sur les maladies infectieuses (VMI)
Identifiant*	PProc_Veil_Mald_Infec
Cas d'utilisation	
Problème*	Décrire un processus de veille sur les maladies infectieuses.
Questions de compétence*	<ul style="list-style-type: none"> Comment se modélise un processus de VMI ? ... (cf. section 3.1) Quels sont les processus qui lui sont liés et par quelles relations ?
Propriétés spécifiques	
Description du patron	
Intention*	Ce patron a pour objectif de modéliser un processus de VMI, indépendamment de la maladie infectieuse surveillée.

Conséquences*	Ce patron définit comment se réalise un processus de VMI et indique ses possibles outputs.
... (cf. section 3.1)	
Participants	
Objets participants	<ul style="list-style-type: none"> ... (cf. section 3.1) Acteurs de la VMI
Représentation graphique	
Diagramme	Voir section 2.3.
Implémentations	
Composant PSL réutilisable	Voir section 4.3
Relations	
Spécialisation de	Patron de processus de veille
Relations avec autres processus	
Veille-sur	PProc_Prop_Mald_Infec
Observe	Facteurs de risque

3.3 Patron de processus de propagation d'une maladie infectieuse

Le patron de processus de propagation d'une maladie infectieuse est construit à partir du modèle conceptuel lui correspondant (cf. section 2.4)

Patron de processus de propagation d'une maladie infectieuse	
Propriétés	Valeur
Propriétés Générales	
Informations générales	
Nom*	Patron de processus de propagation d'une maladie infectieuse.
Identifiant*	PProc_Prop_Mald_Infec
Cas d'utilisation	
Problème*	Décrire un processus de propagation d'une maladie infectieuse.
Questions de compétence*	<ul style="list-style-type: none"> Comment se modélise un processus de propagation d'une maladie infectieuse ? Quelles sont les pré-conditions qui déterminent sa réalisation ? Quels sont les objets qui y participent ? Quels sont les processus qui en font partie ? Comment s'ordonnent-ils ? Quels sont les processus qui lui sont liés et par quelles relations ?
Propriétés spécifiques	
Description du patron	
Intention*	Ce patron a pour objectif de modéliser un processus de propagation d'une maladie infectieuse.
Conséquences*	Ce patron définit comment se réalise un processus de propagation d'une maladie infectieuse et indique les pré-conditions nécessaires à sa réalisation et ses possibles outputs.
Inputs du processus	
Inputs	Population des hôtes

Outputs du processus	
Outputs	Population des hôtes
Pré-conditions du processus	
Pré-conditions	Valeur de R0 (taux de reproduction de base d'une épidémie) ou la valeur de R (taux de reproduction net de l'épidémie).
Effets du processus	
Effets	Changement d'état de la population.
Participants	
Objets participants	<ul style="list-style-type: none"> Population des hôtes Hôte Agents infectieux Vecteurs
Représentation graphique	
Diagramme	Voir figure 2, section 2.4.
Implémentations	
Composant PSL réutilisable	Voir section 4.4
Relations	
Relations avec autres processus	
Parties (part)	<ul style="list-style-type: none"> Exposition Contamination Infection Rétablissement Immunisation Perte immunité
Surveillé-par	PProc_Veil_Mald_Infec
Causé-par	<ul style="list-style-type: none"> Facteurs de risque

4 Formalisation des patrons de processus

Dans cette section, nous formalisons les patrons de la VMI, dans un langage formel de spécification des processus. Les différents langages de formalisation de processus⁶ sont essentiellement conçus pour la spécification des processus d'entreprise et de production.

Dans ce papier, nous utilisons PSL⁷ [12], qui permet de représenter les séquences possibles d'un ensemble d'activités, leurs conditions de transition, leurs conditions d'occurrence, les effets de leurs occurrences et les entités participant dans leurs occurrences. En outre, l'expression de la sémantique du langage en logique du premier ordre permet d'automatiser le raisonnement sur les processus. Parmi les primitives de base de PSL figurent les *activités*, les *occurrences des activités*, les *objets* et les *intervalles de temps*. Pour la formalisation des processus du domaine de la veille, nous utilisons les notions d'activité et d'occurrence d'une activité de PSL pour modéliser respectivement les notions de processus et d'événement présentées dans la section 2.

⁶ Cyc, DDPO, oXPDL, m3po et m3pl, PSL, etc.

⁷ Standard International ISO 18629.

4.1 Langage de spécification de processus PSL

PSL est structuré en deux catégories : (i) "Core Theories" décrivant un ensemble primitif de relations, de constantes et de fonctions et (ii) "Definitional Extensions" étendant les éléments primitifs du langage pour définir des concepts et des relations plus complexes. Les axiomes de PSL sont écrits en CLIF⁸ (Common Logic Interchange Format). Les primitives de PSL utilisées dans nos formalisations sont détaillées dans <http://www.mel.nist.gov/psl/>.

4.2 Formalisation du patron du processus de veille

L'expression 1 présente un extrait de la spécification du processus de veille permettant de dire qu'une occurrence de *Traitement* est suivie d'une occurrence d'*Interpretation* des résultats obtenus, dans tous processus de veille. La primitive *legal* spécifie qu'une occurrence d'une certaine activité est autorisée dans la spécification d'un comportement.

```
(activity Veille)
(subactivity Analyse Veille)
(subactivity Traitement Analyse)
(subactivity Interpretation Analyse)
(forall (?occTraitmt)
  (implies (and (occurrence_of ?occTraitmt Traitement)
    (legal ?occTraitmt))
    (legal (successor Interpretation ?occTraitmt)))))
```

Expression 1 : Extrait PSL du processus de veille

4.3 Formalisation du patron du processus de VMI

L'expression 2 définit la spécialisation du patron de la veille pour la VMI, en précisant que la simulation est la méthode utilisée pour le traitement des données collectées sur le phénomène épidémiologique surveillé. On peut remarquer également que les sources observées, dans le cas de la VMI sont les facteurs de risque de la propagation de la maladie.

```
(activity VMI)
(activity_specialization VMI Veille)
(subactivity Simulation Traitement)
(forall (?occFactRisq)
  (implies (occurrence_of ?occFactRisq FacteurRisque)
    (poss Detection ?occFactRisq)))
```

Expression 2 : Extrait PSL du processus de VMI

4.4 Formalisation du patron du processus de propagation d'une maladie infectieuse

Dans la formalisation du patron de propagation, toute occurrence de *Contamination* fait passer un hôte de l'état *Susceptible* à l'état *Infecte*.

⁸ <http://philebus.tamu.edu/cl/>


```

(activity Propagation)
(subactivity Contamination Propagation)
(forall (?occPropa)
  (implies (occurrence_of ?occPropa Propagation)
    (exists (?occContam)
      (and (occurrence_of ?occContam Contamination)
        (prior Susceptible ?occContam)
        (holds Infecte ?occContam))))))

```

Expression 3 : Extrait PSL du processus de propagation

5 Etude de cas : la veille de la bilharziose

Dans cette section, nous présentons une étude de cas relative à la veille de la *bilharziose* au Sénégal afin de démontrer la pertinence des patrons précédemment définis. Nous avons enrichi les modèles conceptuels définis *supra* pour la veille de la bilharziose [22]. Ces extensions modélisent (i) le processus de veille de la bilharziose et (ii) le processus de propagation de la bilharziose.

La bilharziose est une maladie parasitaire transmissible. L'infection est due à un parasite qui se développe dans l'eau, vecteur de transmission de la bilharziose. Le processus de transmission ne pourrait aboutir sans l'implication des mollusques, hôtes intermédiaires indispensables au développement des parasites. Les facteurs de risque sont, d'une part, ceux ayant un lien avec la présence de l'eau comme le climat, la pluie, les aménagements hydro-agricoles (périmètres irrigués, barrages hydro-électriques); et d'autre part, ceux favorisant le contact des individus avec l'eau comme la pauvreté, l'agriculture, l'élevage ou encore la pêche. A cela, s'ajoutent les facteurs biologiques, logistiques (les hôpitaux), etc.

5.1 Processus de veille de la bilharziose

Nous avons élaboré avec les thématiciens du domaine le scénario de veille pour la bilharziose décrit *infra*.

L'eau est à la fois le vecteur de la transmission de la bilharziose et l'environnement de multiplication des parasites. Il est donc nécessaire de surveiller les sources potentielles pouvant favoriser la présence de points d'eau ou les activités pouvant entraîner le contact des hôtes avec les points d'eau. Dans cette étude de cas, la surveillance porte sur les pluies. Par exemple, la première pluie marquant la fin de la saison sèche présente toujours un risque d'émergence ou de propagation de la bilharziose. En effet, les mollusques ont la capacité de s'enfoncer dans le sol et d'y rester en état de diapause quand le point d'eau est sec. Au cours de cette période, les parasites peuvent survivre dans l'organisme de l'homme, de même que dans les mollusques. Au retour de la pluie, les points d'eau se remplissent, les mollusques reviennent à la surface et les hommes reprennent leurs activités. Les parasites retrouvent alors toutes les conditions nécessaires à leur reproduction et par conséquent, les risques d'émergence ou de propagation de la maladie augmentent. Donc, en

prenant en entrée la quantité de pluie tombée, nous mesurons (par simulation) son impact sur la prévalence de la maladie dans le futur. Si le risque présenté par la pluie est avéré, nous appliquons le plan d'actions issu du processus de décision. Par exemple, le blocage de l'accès à certains points d'eau pourrait être source de contamination. L'expression 4 donne un extrait de l'instanciation du patron du processus de VMI pour le scénario présenté ci-dessus.

```

(activity VeilleBilharziose)
(activity_specialization VeilleBilharziose VMI)
(forall (?occPluie)
  (implies (and (occurrence_of ?occPluie Pluie)
    (legal ?occPluie))
    (legal (successor Detection ?occPluie))))

```

Expression 4 : Extrait PSL de la veille sur la bilharziose

5.2 Processus de propagation de la bilharziose

Dans la spécialisation du patron de propagation d'une maladie infectieuse pour le cas la bilharziose, nous spécifions les contraintes propres à sa propagation. Par exemple, dans l'expression 5, une occurrence de *Contamination* est toujours précédée d'une occurrence de *Exposition* dans le processus de *Propagation*.

```

(forall (?occContam)
  (implies (and (occurrence_of ?occContam Contamination)
    (subactivity_occurrence ?occContam ?occPropa))
    (exists (?occExpo)
      (and (occurrence_of ?occExpo Exposition)
        (subactivity_occurrence ?occExpo ?occPropa)
        (earlier ?occExpo ?occContam))))))

```

Expression 5 : Extrait PSL de la propagation de la bilharziose

6 Discussion et conclusion

Dans ce papier, nous avons construit des modèles conceptuels des processus de la VMI. Puis, nous avons proposé des patrons de processus pour la veille épidémiologique et leurs modèles formels correspondant exprimés en PSL. Nous avons démontré la pertinence de leur réutilisation pour la veille de la bilharziose.

L'originalité de notre approche par spécification réside dans l'abstraction et la formalisation des processus mis en œuvre dans le domaine de la veille épidémiologique. Elle permet de s'affranchir des détails quantitatifs pour se focaliser sur la description de la sémantique des processus et ainsi, de raisonner sur le modèle de spécification des processus pour assister le processus de la VMI. Elle permettra également d'assister les utilisateurs de système de veille épidémiologique qui ne sont pas forcément experts du domaine (ou qui ont des expertises différentes). Néanmoins, l'utilisation des modèles de caractérisation reste indispensable pour réaliser des analyses plus fines du

risque et une élaboration de plans d'action « efficaces ». En outre, notre approche par spécification pourrait conduire à la modélisation des liens entre modèles de caractérisation (modèles de simulation) et modèles de spécification (ontologie).

Nous avons rencontré certaines limites dans la modélisation et la formalisation des processus d'un phénomène épidémiologique qui sont liées à sa nature complexe. La propagation d'un phénomène épidémiologique n'est pas aussi déterministe que les processus d'entreprise ou de production. L'enchaînement des activités n'est pas systématique. Par exemple, les conditions de transition entre la phase d'exposition et celle de la contamination sont soumises à des lois de probabilité. D'autres particularités des systèmes complexes, qui justifient les limites des langages de spécification de processus existants, sont la dimension spatiale, la structure multi-échelle ou la granularité, la causalité, l'émergence, l'énaction, etc. Dans nos travaux futurs, à défaut de pouvoir étendre PSL ou d'autres langages existants du fait de leur spécificité au domaine de l'entreprise et de la production, nous proposerons un nouveau langage de spécification des processus afin de pouvoir intégrer toute la sémantique des phénomènes épidémiologiques.

Bibliographie

- [1] G. Boella, L. van der Torre. A Foundational Ontology of Organizations and Roles, in: M. Baldoni et al. (Eds.), *Proc. Of the 4th International Workshop on Declarative Agent Languages and Technologies*, LNCS, Vol. 4327, Springer-Verlag, pp. 78-88, 2006.
- [2] E. Bottazzi, R. Ferrario. Preliminaries to a DOLCE Ontology of Organizations, in: C. Atkinson et al. (Eds.), *International Journal of Business Process Integration and Management, Special Issue on Vocabularies, Ontologies and Business Rules for Enterprise Modeling*, Vol. 4(4) pp. 225-238, 2009.
- [3] F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, M. Stal. *Pattern-oriented Software Architecture - A System of Patterns*. John Wiley & Sons, Chichester, 1996.
- [4] F. Buton. De l'expertise scientifique à l'intelligence épidémiologique : l'activité de veille sanitaire. *Genèses*, Vol. 4(65), p. 71-91, 2006.
- [5] M. Fowler. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. With contributions from Rice, D., Foemmel, M., Hieatt, E., Mee, R. and Stafford, R. Addison-Wesley, 2003.
- [6] A. Galton. Experience and History : Processes and their Relation to Events. *Journal of Logic and Computation*, Vol. 18 (3), pp. 323-340, 2008.
- [7] A. Galton, R. Mizoguchi. The water falls but the waterfall does not fall : New perspectives on objects, processes and events. (I. Press, Ed.) *Applied Ontology*, Vol. 4, pp. 71-107, 2009.
- [8] A. Galton, M. F. Worboys. Processes and events in dynamic geospatial networks. (M. A. Rodriguez, I. F. Cruz, M. J. Egenhofer, & S. Levashkin, Eds.) *LNCS*, Vol. 3799, pp. 45-59, 2005.
- [9] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides. *Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley, 1995.
- [10] A. Gangemi, A. Gomez-Perez, V. Presutti, M.C. Suarez-Figueroa. Towards a Catalog of OWLbased Ontology Design Patterns, *CAEPIA*, Publications du projet Neon (<http://www.neon-project.org>), 2007.
- [11] P. Grenon, B. Smith. SNAP and SPAN: Towards dynamic spatial ontology. *Spatial Cognition and Computation*, Vol. 4, 69-103, 2004.
- [12] M. Gruninger. Using the PSL Ontology. In S. Staab, *Handbook of Ontologies*, pp. 419-431, Berlin: Springer-Verlag, 2009.
- [13] J. Hunt. *Guide to the Unified Process featuring UML, Java and Design Patterns*. ISBN 978-1-85233-721-6, Springer Edition, 2003.
- [14] R.E. Johnson. « Frameworks = (components + patterns): How frameworks compare to other object-oriented reuse techniques? », *communications of the ACM*, vol.40, N°10, pp. 39-42, 1997.
- [15] W. O. Kermack, A. G. McKendrick. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of The Royal Society of London. Series A, Containing Papers of A Mathematical and Physical Character*, Vol. 117 (772), 700—721, 1905-1934.
- [16] M. Kolp, P. Giorgini, J. Mylopoulos. Organizational Patterns for Early Requirements Analysis. In *Proceedings of the 15th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE)*, Velden, Austria, 2003.
- [17] J.-L. Le Moigne. *La modélisation des systèmes complexes*. Paris: Dunod, 1990.
- [18] D. Lewis. *On the Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell Publishers, 1986.
- [19] C. Pedrinaci, J. Domingue, A.K. Alves de Medeiros. A Core Ontology for Business Process Analysis, *Proc. of European Semantic Web Conference (ESWC)*, pp. 49-64, 2008.
- [20] C. Schlenoff, M. Gruninger, F. Tissot, J. Valois, J. Lubell, J. Lee. "The Process Specification Language (PSL): Overview and Version 1.0 Specification," NISTIR 6459, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD., 2000
- [21] S. Staab, M. Erdmann, A. Maedche. Engineering Ontologies using Semantic Patterns. In D. O'Leary and A. Preece Eds. *Proceedings of the IJCAI Workshop on E-business & The Intelligent Web*, Seattle, 2001.
- [22] I. Talla, A. Kongs, P. Verlé. Preliminary study of the prevalence of human schistosomiasis in Richard-Toll (the Senegal river basin). *Trans R Soc Trop Med Hyg*, Vol. 86 (2), pp. 182-191, 1992.
- [23] Z. Vendler. *Linguistic and Philosophy*. Ithaca: Cornell University Press, 1967.